

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 962 540 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.12.1999 Patentblatt 1999/49

(51) Int. Cl.⁶: **C22B 21/00, F27B 7/20**

(21) Anmeldenummer: **98117057.4**

(22) Anmeldetag: **09.09.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **02.06.1998 DE 19824573**

(71) Anmelder:
**Linde Aktiengesellschaft
65189 Wiesbaden (DE)**

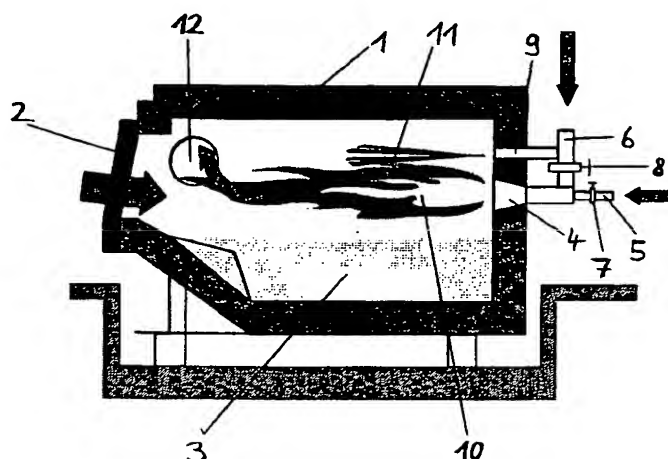
(72) Erfinder:
• **Häckh, Volker, Dipl.-Ing.
82166 Gräfelfing (DE)**
• **Czajka, Erich, Dipl.-Ing.
82515 Wolfratshausen (DE)**
• **Lissack, Wilfried, Dipl.-Ing.
82049 Pullach (DE)**

(74) Vertreter: **Kasseckert, Rainer
Linde Aktiengesellschaft,
Zentrale Patentabteilung
82049 Höllriegelskreuth (DE)**

(54) **Verfahren zum nicht-oxidierenden Schmelzen von Metallen in einem Ofen mit Brennerbetrieb**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schmelzen von Metall (3) in einem Industrieofen (1) mittels eines Brenners (4), der mit einem Brennstoff und einem sauerstoffhaltigen Gas betrieben wird. Der Brenner ist so ausgerichtet, daß er eine im wesentlichen parallel zur Oberfläche des Metallbades (3), welches sich während des Schmelzprozesses ergibt, verlaufende

Flamme erzeugt. Der Brenner (4) selbst wird unterstöchiometrisch betrieben und oberhalb des Brenners (4) wird ein überwiegend Sauerstoff enthaltendes Gas (11) so in den Industrieofen (1) eingeleitet, daß eine Oxidation des Metalls (3) möglichst vermieden wird.



EP 0 962 540 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schmelzen von Metall in einem Industrieofen mittels eines mit einem Brennstoff und einem sauerstoffhaltigen Gas betriebenen Brenners, der eine im wesentlichen parallel zur Oberfläche des Metallbades, welches sich während des Schmelzprozesses ergibt, verlaufende Flamme erzeugt.

[0002] Die Befeuerung von Industrieöfen für Metalle erfolgt häufig mit Brennstoff-Luft-Brennern. Bei der Verbrennung von Brennstoff mit Luft ist Stickstoff zwar bei der Verbrennungsreaktion anwesend, wird aber chemisch nicht verändert und wirkt daher im wesentlichen als Ballastgas. Aus diesem Grund ist man dazu übergegangen, den Sauerstoffanteil in der Luft zu erhöhen bzw. den Brenner anstelle von Luft mit reinem Sauerstoff zu betreiben. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, daß sich aufgrund des niedrigeren Stickstoffgehalts die Flammentemperatur erhöht und der Wärmegehalt im Abgas reduziert, wodurch eine Einsparung an Brennstoff und ein höherer thermischer Wirkungsgrad erreicht werden.

[0003] Beim Erwärmen von Metallen, die eine hohe Affinität zu Sauerstoff haben, besteht allerdings die Gefahr, daß das Metall bei der Verwendung von Brennern, die mit sauerstoffangereicherter Luft betrieben werden, stark oxidiert. In dem Artikel "A Novel Retrofit Used To Increase Productivity In An Aluminium Rotary Furnace And Reduce Baghouse Loading", von M.W. Paget et al., Second International Symposium on Recycling of Metals and Engineered Materials 1990, wird daher ein neuartiger Brenner vorgeschlagen, bei dem eine Brennstoff-Sauerstoff-Flamme von einer Brennstoff-Luft-Flamme umgeben ist. Mit Hilfe dieses Brenners ist es möglich, die Vorteile des Brennerbetriebs mit sauerstoffangereicherter Luft auch beim Erwärmen bzw. Schmelzen von Aluminium zu erzielen.

[0004] Aufgabe vorliegender Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art zum Schmelzen von Metallen aufzuzeigen, welches einen hohen thermischen Wirkungsgrad besitzt und bei dem eine Oxidation des Metalls möglichst verhindert wird.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Brenner unterstöchiometrisch betrieben wird und oberhalb des Brenners ein überwiegend Sauerstoff enthaltendes Gas so in den Industrieofen eingeleitet wird, daß eine Oxidation des Metalls möglichst vermieden wird.

[0006] Erfindungsgemäß wird der Brenner unterstöchiometrisch betrieben, so daß in der Flamme aufgrund des Sauerstoffdefizits ein gegenüber einem stöchiometrischen Verhältnis von Sauerstoff und Brennstoff höherer Anteil an CO erreicht wird, welches reduzierend wirkt und so eine Oxidation des Metalls verhindert. Zusätzlich wird oberhalb des Brenners ein Sauerstoff enthaltendes Gas in den Ofen eingeleitet, um insgesamt eine ausreichende Sauerstoffmenge für

die Verbrennung zur Verfügung zu stellen. Beim Einleiten des Sauerstoff enthaltenden Gases ist darauf zu achten, daß dieses in einer Art und Weise geschieht, die unter anderem von der Ofengeometrie, der Menge und Art des Metalls sowie der Brenneranordnung abhängt, welche eine Oxidation des Metalls möglichst verhindert.

[0007] Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE-A-41 42 401 ist ein ähnliches Verfahren zum Betreiben eines brennerbefeuereten Schmelzofens mit dem Ziel einer Senkung der Stickoxidbildung bekannt. Hierbei wird, analog zur Erfindung, einerseits der Brenner stark unterstöchiometrisch betrieben und andererseits der zur Verbrennung des Brennstoffs fehlende Sauerstoff in Form von sauerstoffangereicherter Luft getrennt vom Brenner in den Ofen eingeführt. Wesentlich an diesem bekannten Verfahren ist, daß die angereicherte Luft und die Flamme mit deutlichem Abstand zum Brennermund aufeinander treffen.

[0008] Gemäß dem Ausführungsbeispiel der DE-A-41 42 401 wird daher die angereicherte Luft an dem dem Brenner gegenüberliegenden Ende des Ofens nach unten auf das Metall gerichtet und am brennerseitigen Ofenende oberhalb des Brenners so zugeführt wird, daß diese zunächst eine Aufwärts- und dann eine Abwärtsströmung in Richtung des zu schmelzenden Metalls vollzieht. Durch die zweigeteilte Sauerstoffzufuhr ergibt sich bei diesem Verfahren eine verzögerte Verbrennung mit wesentlich reduzierter NO_x -Emission. Die Zufuhr der angereicherten Luft erfolgt allerdings vom abgasseitigen Ofenende her direkt auf das Metall, vom brennerseitigen Ende indirekt auf das Metall, wodurch eine nachteilige Oxidation des Metalls hervorgerufen wird.

[0009] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird das Sauerstoff enthaltende Gas dagegen so zugeführt, daß eine Oxidation des Metalls vermieden wird. Erfindungsgemäß kommt das Metall mit dem Sauerstoff enthaltenden Gas nicht oder nur in geringem Maße in Kontakt. Bei der Zuführung des Sauerstoff enthaltenden Gases müssen daher Parameter wie die Größe und Art des Ofens, die Anzahl, Anordnung, Art und Ausbildung der Brenner sowie Menge, Druck und Zusammensetzung des Brennstoffes und der dem Brenner direkt zugeführten sauerstoffhaltigen Komponente sowie die Menge, Art und Zusammensetzung des zu schmelzenden Metalls berücksichtigt werden.

[0010] Das überwiegend Sauerstoff enthaltende Gas wird vorzugsweise so eingeleitet, daß es im wesentlichen keine Bewegungskomponente in Richtung des Metalls besitzt. Da das Sauerstoff enthaltende Gas oberhalb des Brenners zugeführt wird, befindet sich zwischen dem Sauerstoff enthaltenden Gas und dem Metall die Flamme des Brenners. Die Flamme wirkt dadurch als Barriere zwischen dem Sauerstoff enthaltenden Gas und dem Metall.

[0011] Der Kontakt des Sauerstoff enthaltenden Gases mit der Flamme ist dagegen erwünscht, um die

Verbrennung des Brennstoffes zu fördern. Da der Brenner selbst unterstöchiometrisch, d.h. mit Sauerstoffunterschub, betrieben wird, oberhalb der Flamme jedoch eine stark sauerstoffhaltige Gasströmung vorliegt, entsteht in der Flamme ein Sauerstoffgradient, der für die erfindungsgemäßen Vorteile, d.h. der unterbleibenden Oxidation des Metalls und des hohen thermischen Wirkungsgrades, verantwortlich ist.

[0012] Je nach den Verfahrensbedingungen kann aber auch eine Zuführung des Sauerstoff enthaltenden Gases mit einer Bewegungskomponente in Richtung des Metalls günstig sein. Beispielsweise kann das Sauerstoff enthaltende Gas von oben in Richtung des Metalls eingeleitet werden, wenn das Sauerstoff enthaltende Gas in der über dem Metall brennenden Flamme in einem solchen Ausmaß an dem Verbrennungsprozeß teilnimmt, daß am unteren Ende der Flamme, d.h. in der Nähe des Metalls, die Sauerstoffkonzentration in der Flamme bzw. in der die Flamme umgebenden Atmosphäre soweit abgenommen hat, daß keine Oxidation des Metalls auftritt.

[0013] Vorzugsweise wird das überwiegend Sauerstoff enthaltende Gas im wesentlichen parallel zur Oberfläche des sich während des Schmelzvorgangs ergebenden Metallbades in den Industrieofen eingeleitet, um den Kontakt des Sauerstoff enthaltenden Gases mit dem Metall möglichst gering zu halten. Durch eine parallele Führung der Flamme und des überwiegend Sauerstoff enthaltenden Gases bildet die Flamme eine Barriere zwischen dem Sauerstoff enthaltenden Gas und dem Metall. Besonders bevorzugt erfolgt die Zuführung des Sauerstoff enthaltenden Gases so, daß dieses gleichsinnig parallel zu der von dem Brenner erzeugten Flamme strömt.

[0014] In der Praxis hat es sich als vorteilhaft erwiesen, das überwiegend Sauerstoff enthaltende Gas über eine in einer Stirn- und/oder Seitenwand des Industrieofens angeordnete Zuleitung in den Industrieofen einzuleiten.

[0015] Der Sauerstoffgehalt des Sauerstoff enthaltenden Gases beträgt bevorzugt mehr als 80 %, besonders bevorzugt mehr als 90 %. Von ganz besonderem Vorteil ist es, reinen Sauerstoff oberhalb des Brenners in den Industrieofen einzuleiten. Mit steigendem Sauerstoffgehalt in diesem Gasstrom werden der thermische Wirkungsgrad verbessert und der Brennstoffbedarf reduziert. Eine Oxidation des Metalls wird auch beim Einsatz reinen Sauerstoffs durch das erfindungsgemäße Verfahren verhindert.

[0016] Durch die erfindungsgemäße Übersichtung einer unterstöchiometrisch eingestellten Flamme mit einem sauerstoffhaltigen Gasstrom wird eine langsame Vermischung des Sauerstoffs mit dem Brennstoff erzielt. Aufgrund des langen Mischvorgangs und des damit verbundenen verzögerten Verbrennungsablaufs entsteht eine im Vergleich zum Stand der Technik längere Flamme. Dies hat den Vorteil einer gleichmäßigeren Erwärmung des Metalls.

[0017] Durch die im wesentlichen horizontale, parallel zur Metallbadoberfläche ausgerichtete Flammenführung wird die konvektive Wärmeübertragung auf das Metall, bei der stets auch zur Oxidation des Metalls führender Sauerstoff zum Metall und insbesondere in das Metallbad geleitet wird, minimiert. Erfindungsgemäß entsteht jedoch eine leuchtendere, stärker abstrahlende Flamme als bisher. Dadurch wird die Wärmeübertragung auf das Metall infolge Wärmestrahlung vorteilhaft erhöht. Insgesamt wird auf diese Weise eine hohe Wärmeübertragung auf das Metall bei minimaler Oxidation des Metalls erreicht.

[0018] Die Erfindung hat besondere Vorteile beim Erwärmen, insbesondere Schmelzen, von Metallen wie Aluminium, die eine hohe Affinität zu Sauerstoff besitzen. Bevorzugt wird das Metall und insbesondere Aluminium in Abwesenheit einer Salzschutzschicht, besonders bevorzugt in völliger Abwesenheit von Salz, geschmolzen.

[0019] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im folgenden anhand von dem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel näher erläutert. Hierbei zeigt die einzige Figur einen für das erfindungsgemäße Verfahren ausgelegten Schmelzofen.

[0020] Der Schmelzofen 1 wird über eine Beschickungstür 2 im unteren Drittel mit Metall, insbesondere Aluminium 3, gefüllt. In der der Beschickungstür 2 gegenüberliegenden Endwand des Ofens 1 ist ein Feuerungsbrenner 4 angeordnet, der über eine Zuleitung 5 mit Erdgas und über eine Zuleitung 6 mit Sauerstoff versorgt wird. Die dem Brenner 4 zugeführten Erdgas- und Sauerstoffmengen werden mittels der Ventile 7 bzw. 8 so eingestellt, daß der Brenner 4 unterstöchiometrisch, d.h. mit Sauerstoffdefizit, betrieben wird.

[0021] Oberhalb des Brenners 4 ist eine Zuleitung 9 für Sauerstoff vorgesehen. Das Austrittsende der Zuleitung 9 ist so ausgebildet, daß sich ein Sauerstoffstrom 11 einstellt, der im wesentlichen waagrecht und parallel zu der von dem Brenner 4 erzeugten Flamme 10 ist. Innerhalb der Flamme 10 bildet sich ein Sauerstoffgradient derart aus, daß die Flamme an ihrem unteren, an das Metall 3 angrenzenden Ende unterstöchiometrisch brennt, während im oberen Flammenbereich ein Sauerstoffüberschuß besteht. Die bei der Verbrennung entstehenden Abgase werden über die Abzugsöffnung 12 abgezogen.

[0022] Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden im Ofen 1 solche Strömungsverhältnisse eingestellt, daß sich direkt über dem Metall 3 eine reduzierende Atmosphäre einstellt, obwohl der Brenner 4 mit reinem Sauerstoff betrieben wird.

[0023] Die Gesamtmenge des über Leitung 6 dem Brenner 4 und dem Ofen 1 über Zuleitung 9 zugeführten Sauerstoffs wird in Abhängigkeit von der Art und Zusammensetzung des Metalls 3, insbesondere den in dem Metall 3 enthaltenen Verunreinigungen, eingestellt.

Je nach den Verhältnissen hat sich ein Gesamtsauerstoffmenge zwischen 80 und 120 % der für eine stöchiometrische Verbrennung des Brennstoffs nötigen Menge als günstig erwiesen.

[0024] Mittels des Ventils 8 kann das Verhältnis der Sauerstoffmengen in dem Sauerstoffstrom 11 und der Flamme 10 eingestellt werden. Wird das Ventil 8 geschlossen, so wird dem Brenner 4 kein Sauerstoff zugeführt. Der für die Verbrennung des Brennstoffes notwendige Sauerstoff wird in diesem Fall gänzlich von dem überschichteten Sauerstoffstrom 11 bereitgestellt. Andererseits wird bei völlig geöffnetem Ventil 8 nahezu der gesamte über Leitung 6 zugeführte Sauerstoff direkt in den Brenner geleitet. Lediglich ein geringer Anteil des Sauerstoffs strömt durch die Leitung 9 in den Ofen. Das Verhältnis der Sauerstoffmengen in dem Sauerstoffstrom 11 und der Flamme 10 kann so zwischen 100 % und etwa 5 % variiert und an die vorliegenden Verhältnisse angepaßt werden.

[0025] Eine vorteilhafte Anpassung des Verfahrens an die Ofengeometrie 1 und an die Art und Menge des zu schmelzenden Metalls 3 kann auch durch Änderung des Abstandes zwischen dem Brenner 4 und der Zuleitung 9 erfolgen. Der Abstand kann sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung verändert werden, wodurch die Vermischung des Sauerstoffstroms 11 mit der Flamme 10 beschleunigt oder verzögert werden kann.

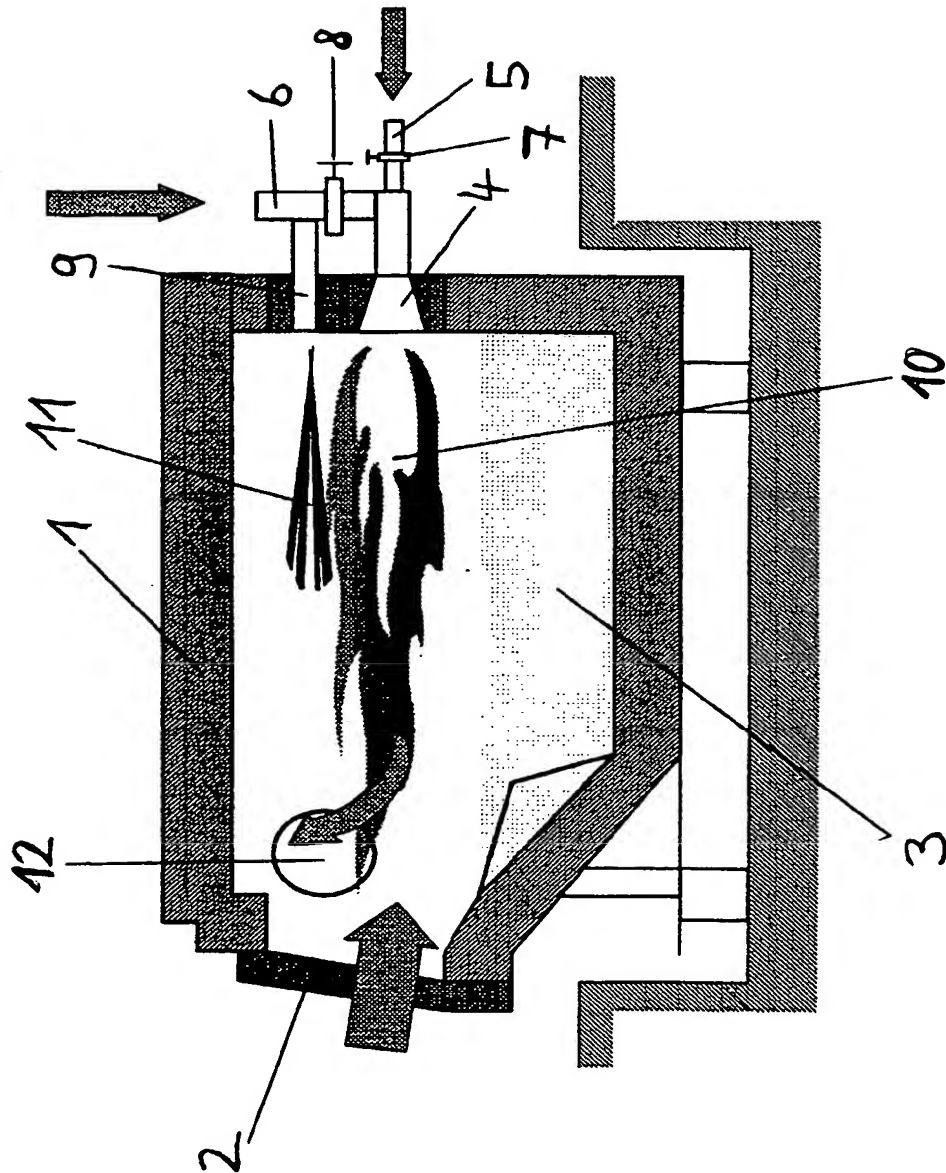
Patentansprüche

1. Verfahren zum Schmelzen von Metall in einem Industrieofen mittels eines mit einem Brennstoff und einem sauerstoffhaltigen Gas betriebenen Brenners, der eine im wesentlichen parallel zur Oberfläche des Metallbades, welches sich während des Schmelzprozesses ergibt, verlaufende Flamme erzeugt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Brenner (4) unterstöchiometrisch betrieben wird und oberhalb des Brenners (4) ein überwiegend Sauerstoff enthaltendes Gas (11) so in den Industrieofen (1) eingeleitet wird, daß eine Oxidation des Metalls (3) möglichst vermieden wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das überwiegend Sauerstoff enthaltende Gas (11) so eingeleitet wird, daß es im wesentlichen keine Bewegungskomponente in Richtung des Metallbades (3) besitzt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das überwiegend Sauerstoff enthaltende Gas (11) im wesentlichen parallel zur Oberfläche des Metallbades (3) in den Industrieofen (1) eingeleitet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das überwiegend

Sauerstoff enthaltende Gas (11) über eine in einer Stirn- und/oder Seitenwand des Industrieofens angeordnete Zuleitung (9) in den Industrieofen (1) eingeleitet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß oberhalb des Brenners (4) ein mehr als 80 % Sauerstoff, bevorzugt mehr als 90 % Sauerstoff enthaltendes Gas (11), besonders bevorzugt reiner Sauerstoff in den Industrieofen (1) eingeleitet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtmenge des dem Brenner (4) zugeführten sauerstoffhaltigen Gases und des oberhalb des Brenners (4) zugeführten, überwiegend Sauerstoff enthaltenden Gases (11) zwischen 80 und 120 % der für eine stöchiometrische Verbrennung des Brennstoffs nötigen Menge entspricht.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Metall (3) in Abwesenheit einer Salzschutzschicht, bevorzugt in völliger Abwesenheit von Salz, geschmolzen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zum Schmelzen von Aluminium.

Figur 1





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 11 7057

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X,D Y	DE 41 42 401 A (LINDE AG) 24. Juni 1993 * Spalte 3, Zeile 10 - Zeile 30; Ansprüche 1-3,5; Abbildung 1 * ---	1,2,4-8 3	C22B21/00 F27B7/20
Y	EP 0 748 994 A (PRAXAIR TECHNOLOGY, INC) 18. Dezember 1996 * Spalte 3, Zeile 24 - Zeile 35; Ansprüche 1,5,8 * ---	3	
Y	US 5 563 903 A (JEBRAIL F.F.) 8. Oktober 1996 * Anspruch 7; Abbildung 1 * ---	3	
A,D	M.W. PAGET ET AL.: "A novel burner retrofit used to increase productivity in an aluminium rotary furnace" SECOND INT. SYMPOSIUM ON RECYCLING OF METALS AND ENGINEERED MATERIALS, 1990, Seiten 671-678, XP002089284 The Minerals, Metals and Materials Society, Canada * Seite 676; Abbildungen 3,4 * ---	1,7,8	
A	EP 0 475 128 A (LINDE AG) 18. März 1992 * Ansprüche 1-3,5; Abbildung 1 * -----	1,3-5,7, 8	C22B F27B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 7. Januar 1999	Prüfer Bombeke, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 11 7057

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-01-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 4142401	A	24-06-1993	KEINE		
EP 748994	A	18-12-1996	US	5609481 A	11-03-1997
			CA	2178859 A	14-12-1996
			CN	1170864 A	21-01-1998
US 5563903	A	08-10-1996	CA	2178864 A	14-12-1996
			CN	1143684 A	26-02-1997
			EP	0748993 A	18-12-1996
EP 475128	A	18-03-1992	DE	4026414 A	27-02-1992
			AT	116425 T	15-01-1995
			DE	59104040 D	09-02-1995
			ES	2069143 T	01-05-1995

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

THIS PAGE BLANK (USPTO)